

JC09 Rec'd PCT/PTO 21 OCT 2003

Docket No.: 20239/0202826-US0  
(PATENT)**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

---

In re Patent Application of:  
Natsuo Tatsumi et al.

Application No.: Not Yet Assigned

Confirmation No.: N/A

Filed: Concurrently Herewith

Art Unit: N/A

---

For: DIAMOND ELECTRON EMITTER AND  
ELECTRON BEAM SOURCE USING SAME

---

Examiner: Not Yet Assigned

**CLAIM FOR PRIORITY AND SUBMISSION OF DOCUMENTS**Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Applicant hereby claims priority under 35 U.S.C. 119 based on the following prior foreign application filed in the following foreign country on the date indicated:

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Date</u>
Japan	2003-322395	September 16, 2003

A certified copy of the aforesaid Japanese Patent Application was received by the International Bureau on November 4, 2004 during the pendency of International Application No. PCT/JP2004/013873. A copy of Form PCT/IB/304 is enclosed.

Dated: October 21, 2005

Respectfully submitted,

By

Chris T. Mizumoto

Registration No.: 42,899

(212) 527-7700

(212) 527-7701 (Fax)

Attorneys/Agents For Applicant

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

14.10.2004

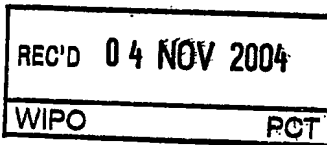
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 9月16日  
Date of Application:

出願番号 特願2003-322395  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP 2003-322395]

出願人 住友電気工業株式会社  
Applicant(s):

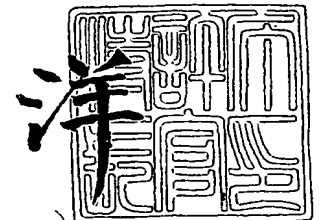


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 9月15日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願  
【整理番号】 103I0242  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H01J 19/24  
【発明者】  
    【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1 番 1 号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内  
    【氏名】 辰巳 夏生  
【発明者】  
    【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1 番 1 号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内  
    【氏名】 西林 良樹  
【発明者】  
    【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1 番 1 号 住友電気工業株式会社伊丹製作所内  
    【氏名】 今井 貴浩  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000002130  
    【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 100102691  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 中野 稔  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100111176  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 服部 保次  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100112117  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 山口 幹雄  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100116366  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 二島 英明  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 008224  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1  
    【包括委任状番号】 0114173

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

光を陰極に照射するための発光素子を有し、陰極の少なくとも電子放出面がダイヤモンドからなることを特徴とするダイヤモンド電子放出素子。

**【請求項 2】**

前記発光素子が、ダイヤモンドからなることを特徴とする請求項 1 に記載のダイヤモンド電子放出素子。

**【請求項 3】**

前記陰極の電子放出面が、n 型ダイヤモンド半導体であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のダイヤモンド電子放出素子。

**【請求項 4】**

前記陰極の電子放出面が、p 型ダイヤモンド半導体であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のダイヤモンド電子放出素子。

**【請求項 5】**

前記 p 型ダイヤモンド半導体が、結晶欠陥あるいは s p<sup>2</sup> 成分を含むことを特徴とする請求項 4 に記載のダイヤモンド電子放出素子。

**【請求項 6】**

前記陰極の電子放出面が、水素終端されていることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載のダイヤモンド電子放出素子。

**【請求項 7】**

前記陰極の電子放出面が、酸素終端されていることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載のダイヤモンド電子放出素子。

**【請求項 8】**

前記発光素子が、ダイヤモンドの p n 接合、ショットキー接合、もしくは M I S 構造からなることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載のダイヤモンド電子放出素子。

**【請求項 9】**

前記陰極の電子放出面が、先鋭な突出部を有することを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかに記載のダイヤモンド電子放出素子。

**【請求項 10】**

前記発光素子から発光される光の波長エネルギーが、5.0～5.4 eV を含むことを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載のダイヤモンド電子放出素子。

**【請求項 11】**

前記発光素子から発光される光の波長エネルギーが、2.0 eV 以上であることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれかに記載のダイヤモンド電子放出素子。

**【請求項 12】**

前記発光素子の光が、ダイヤモンドの不純物準位の電子を伝導帯に励起していることを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれかに記載のダイヤモンド電子放出素子。

**【請求項 13】**

前記発光素子の光が、ダイヤモンドのバンドギャップ中の準位の電子を伝導帯に励起していることを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれかに記載のダイヤモンド電子放出素子。

**【請求項 14】**

前記発光素子の光が、p 型ダイヤモンド中のグラファイト、非晶質炭素、ダイヤモンドライクカーボン、フラーレン、格子欠陥、転位欠陥、粒界欠陥のいずれかに起因する準位の電子を伝導帯に励起していることを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれかに記載のダイヤモンド電子放出素子。

**【請求項 15】**

前記 n 型ダイヤモンドは、窒素、リン、硫黄、リチウムの少なくとも 1 種類の元素、あるいは、前記いずれかの元素と硼素を不純物として含むことを特徴とする請求項 3 に記載のダイヤモンド電子放出素子。

**【請求項 16】**

前記発光素子が、前記陰極と一体に形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 15 のいずれかに記載のダイヤモンド電子放出素子。

**【請求項 17】**

光を陰極に照射するための発光素子と、少なくとも電子放出面がダイヤモンドである陰極とが、共に電子銃の内部に配置されていることを特徴とするダイヤモンド電子放出素子を用いた電子線源。

**【請求項 18】**

前記少なくとも電子放出面がダイヤモンドである陰極と、空間を隔てて陽極を設置し、陰極に対して正の電圧を陽極に印加することを特徴とする請求項 17 に記載のダイヤモンド電子放出素子を用いた電子線源。

**【請求項 19】**

前記陰極と陽極との間に、前記陰極の放出電子電流を制御する制御電極を設置したことを特徴とする請求項 18 に記載のダイヤモンド電子放出素子を用いた電子線源。

## 【書類名】明細書

【発明の名称】ダイヤモンド電子放出素子およびこれを用いた電子線源

## 【技術分野】

【0001】

本発明は、高周波増幅、マイクロ波発振、発光素子、電子線露光装置などの装置に広く用いられる電子線を放出するダイヤモンド電子放出素子およびこのダイヤモンド電子放出素子を用いた電子線源に関するものである。

## 【背景技術】

【0002】

近年、電子放出素子として熱陰極に加えて、モリブデンやカーボンナノチューブ等による冷陰極素子の開発が進められている。また、負の電子親和力を持つことから、ダイヤモンド陰極が注目されている。

【0003】

ダイヤモンド陰極は、様々な形態が提案されている。例えば、WO93/15522号公報のようなpn接合型や、Journal of Vacuum Science and Technology B14 (1996) 2050のような金属陰極にダイヤモンドをコーティングしたものがある。pn接合型は、図8に示すように、p型ダイヤモンド82の上に、n型ダイヤモンド81を積層し、その上に電極80を形成し、バイアス電圧をかけて電子を放出する。また、特開平8-264111号公報やWO98/44529号公報のようなSiの鋳型中にダイヤモンドを形成して、先鋭化したダイヤモンド陰極も提案されている。

【0004】

上記ダイヤモンド陰極は、強い電界で電子を真空中に引き出しているが、光で電子を励起して、陰極から電子を放出させることもできる。例えば、特開平10-149761号公報や特開平11-166860号公報や特開2000-357449号公報等に提案されている。これらは、放出された電子を計測することにより、光検出器として用いることができる。

【特許文献1】WO93/15522号公報

【特許文献2】特開平8-264111号公報

【特許文献3】WO98/44529号公報

【特許文献4】特開平10-149761号公報

【特許文献5】特開平11-166860号公報

【特許文献6】特開2000-357449号公報

【非特許文献1】Journal of Vacuum Science and Technology B14 (1996) 2050

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記特許文献に開示されている素子では、強い電界や高い動作電圧をかけなければ、素子から真空中へ電子を引き出すことができない。そこで、冷陰極として注目されているSpindt型冷陰極では、電界を強くするために、多数の先鋭化したエミッタに電極を設置することにより、動作電圧を下けているが、動作効率の向上や駆動電力の低減の要求から、更なる低電圧動作が要求されている。

【0006】

本発明の目的は、これらの課題を解決し、より小型で動作電圧が低く、高効率な電子放射素子およびこれを用いた電子線源を提供するものである。

## 【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明のダイヤモンド電子放出素子は、光を陰極に照射するための発光素子を有し、陰極の少なくとも電子放出面がダイヤモンドからなる。図4に示すように、発光素子を有するので、光電効果を用いて真空準位25よりも高いダイヤモンドの伝導帯21以上に電子

を励起できるため、電子を引き出すための電圧は、従来より大幅に低下させることができ、低電圧駆動が可能な小型の電子放出素子を得ることができる。

【0008】

前記発光素子は、ダイヤモンドからなることが望ましい。ダイヤモンドはバンドギャップが大きいので、高いエネルギーで電子を励起することができるので、動作効率を向上させることができる。

【0009】

前記陰極の電子放出面は、n型ダイヤモンド半導体であることが望ましい。n型ダイヤモンドの不純物準位は、伝導帯から近いので、エネルギーの低い光で励起されても、電子は伝導帯まで励起され、電子放出が起こるので効率が良くなる。

【0010】

前記陰極の電子放出面は、p型ダイヤモンド半導体であってもよい。ダイヤモンドの表面でバンドの曲がりが起こっても、p型ダイヤモンド半導体は、表面近傍でポテンシャルが低下するので、伝導帯に励起された電子が容易に放出される。また、この場合、p型ダイヤモンド半導体には、結晶欠陥あるいはsp<sup>2</sup>成分を含むことが望ましい。結晶欠陥とは、空格子欠陥、不純物・空格子ペアによる欠陥、転位欠陥、粒界、双晶等である。また、sp<sup>2</sup>成分とは、グラファイト、非晶質炭素、フラーレンなどである。

【0011】

ダイヤモンド発光素子は、自由励起子発光などのエネルギーの高い光の他に、バンドAなどのエネルギーの低い光も発光する。結晶欠陥あるいはsp<sup>2</sup>成分を含むと、ダイヤモンドのバンドギャップ中に準位が増えるので、よりエネルギーの低い光も伝導帯への電子励起に利用されるので、電子放出量を増加させることができる。

【0012】

前記陰極の電子放出面は、水素終端されていることが望ましい。水素終端していると、電子放出面であるダイヤモンドの表面の電子親和力が負となるので、伝導帯に励起された電子は、容易に真空中へ放出される。

【0013】

また、前記陰極の電子放出面は、酸素終端されていてもよい。特に、陰極の電子放出面がn型ダイヤモンド半導体の場合は、その表面が水素終端していると、表面で発生した正孔が、陰極のキャリアである電子を減少させるので、陰極が高抵抗となる。表面が酸素終端されていれば、このような現象が起きないので、低抵抗の陰極とすることができる。

【0014】

更に、前記発光素子は、ダイヤモンドのpn接合からなることが望ましい。ダイヤモンドのpn接合からなる発光素子は、自由励起子による5.27 eVの発光など波長の短い光を発光するので、電子放出が容易となる。また、陰極と同じ材料のダイヤモンドとすることにより、発光素子と陰極とを一体にして形成することが容易になる。

【0015】

また、前記発光素子は、ダイヤモンドと金属のショットキー接合あるいはMIS (Metal Insulator Semiconductor) 構造からなるものでもよい。ショットキー接合あるいはMIS構造による発光では、波長の短い光を発光するので、深い準位の電子を励起することができ、励起後の電子のエネルギーが高いため、電子放出確率が高くなるので、電子放出が容易となる。

【0016】

前記陰極の電子放出面は、先鋭な突出部を有していることが望ましい。先鋭な突出部の先端には、電界が集中するので動作電圧を下げるができる。

【0017】

前記発光素子から発光される光の波長エネルギーは、5.0～5.4 eVを含むことが望ましい。この波長は、主にダイヤモンドの自由励起子に起因するものである。この波長を用いれば、深い準位から電子を伝導帯に励起することができるので、例えば、p型の不純物であるホウ素の準位から励起することにより、高効率で電子放出させることができる。

## 【0018】

また、前記発光素子から発光される光の波長エネルギーは、2.0 eV以上であることが望ましい。2.0 eV以上の波長には、ダイヤモンドの欠陥等に起因した、例えば、バンドAなどがあり、2.0 eV以上の波長の光であれば、伝導帯近傍の準位、例えばn型窒素ドーパダイヤモンドの不純物準位を励起することができるので、n型ダイヤモンド陰極を効率良く電子放出させることができる。従来の光電陰極は、バンドギャップより大きなエネルギーの光で、価電子帯の電子を励起しているが、本発明の構成では、このようにダイヤモンドのバンドギャップより小さいエネルギーの光で励起することが可能である。このように発光素子の光は、ダイヤモンドの不純物準位の電子を伝導帯に励起していることが望ましい。

## 【0019】

また、発光素子の光は、ダイヤモンドのバンドギャップ中の準位の電子を伝導帯に励起していることが望ましい。また特に、陰極がp型ダイヤモンドの場合は、発光素子の光が、p型ダイヤモンド中のグラファイト、非晶質炭素、ダイヤモンドライクカーボン、フラーレン、格子欠陥、転位欠陥、粒界欠陥のいずれかに起因する準位の電子を伝導帯に励起していることが望ましい。この励起を電子線源に用いれば、ダイヤモンドのバンドギャップよりエネルギーの小さい波長の光でも、伝導帯への励起が可能であり、電子放出量を増加させることができる。

## 【0020】

また、n型ダイヤモンドの場合は、窒素、リン、硫黄、リチウムの少なくとも1種類の元素、あるいは、前記いずれかの元素と同時に硼素を不純物として含むことが望ましい。このような不純物を用いれば、キャリアの電子が増加するので、発光素子が励起できる電子が増え、電子放出量を増加させるのに好適である。

## 【0021】

また、前記発光素子は、前記陰極と一体に形成されていることが望ましい。一体に形成することにより、電子放出面と発光素子との距離を短くすることができるので、光量のロスが少なくなり、光電変換効率を高めることができると共に、該ダイヤモンド電子放出素子を用いた電子線源を小型化することができる。特に、発光素子をダイヤモンドにすれば、陰極と発光素子を一体化することが容易になる。

## 【0022】

更に本発明は、光を陰極に照射するための発光素子と、少なくとも電子放出面がダイヤモンドである陰極とが、共に電子銃の内部に配置されていることを特徴とするダイヤモンド電子放出素子を用いた電子線源を提供する。このような構成とすることによって、低電圧駆動が可能な小型の電子線源とすることができる。

## 【0023】

また、本発明の電子線源は、前記少なくとも電子放出面がダイヤモンドである陰極と、空間を隔てて陽極を設置し、陰極に対して正の電圧を陽極に印加することによって動作させることが好ましい。

## 【0024】

更に、前記陰極と陽極との間に、前記陰極の放出電子電流を制御する制御電極を設置してもよい。制御電極を用いれば、放出電子の量を自在に制御することができる。

## 【発明の効果】

## 【0025】

本発明のダイヤモンド電子放出素子は、電子を励起するための発光素子を有しているので、従来の電子放出素子に比べて、低い駆動電圧で高い電子放出特性を有する小型の電子放出素子とすることができる。発光素子とダイヤモンド陰極とを電子銃の内部に配置するので、小型で高効率な電子放出特性を持つ電子線源を得ることができる。従って、本発明の電子放出素子を用いれば、従来に比べて高性能の電子線応用機器、例えば、マイクロ波発振管や高周波増幅素子あるいは電子線露光などの電子線加工装置などを提供することが



できる。

#### 【実施例1】

##### 【0026】

高温高压法で合成したp型のダイヤモンド単結晶の(100)面に、マイクロ波プラズマCVD法を用いて、n型の硫黄ドーパダイヤモンドを合成した。合成条件は、p型ダイヤモンドの温度は825℃とし、メタン/水素濃度比が1.0%、硫化水素/メタン濃度比が1000ppmとした。n型硫黄ドーパダイヤモンドの厚みは、10μm合成した。

##### 【0027】

次に、n型硫黄ドーパダイヤモンドの上に、スパッタによりAlを1μm成膜した。フォトリソグラフィとウェットエッチングにより、Al膜を直径5μmのドット状に加工した。その後、RIE法を用いて硫黄ドーパダイヤモンドをエッチングすることにより、図1に示すように硫黄ドーパダイヤモンド1を突起状にした。その後、大気中400℃で30分アニールすることにより、硫黄ドーパダイヤモンドの表面を酸素終端した。

##### 【0028】

次に、硫黄ドーパダイヤモンド1の平面部と、p型ダイヤモンド2の硫黄ドーパダイヤモンドを形成した面とは反対側の面に、電極5、6を形成した。形成方法は、電極を形成するダイヤモンドの面に、Arイオンを注入してダイヤモンドをグラファイト化した後、300℃に加熱しながらTi/Auを蒸着することによって、オーミック電極5、6とした。

##### 【0029】

この電極を形成した突起部を有するダイヤモンドを、真空チャンバー(図示せず)内に設置し、さらに陽極7を突起部先端から100μmの距離を隔てて配置した。

##### 【0030】

まず、電極5と陽極7の間に電圧をかけていくと、1kVの電圧から、n型ダイヤモンドの突起部からの電子放出が検出された。次に、電極5と6の間に、10Vの電圧をかけると、pn接合層から発光hvが確認できた。この発光波長は、広い範囲のものであったが、主な波長は、235nmの自由励起子発光と、430nmを中心とするバンドAの発光であった。

##### 【0031】

次に、pn接合層で発光させたまま、電極5と7の間に電圧をかけていくと、650Vから電子放出が検出された。このように、発光を伴うことによって、電子放出が開始する電圧が低くなることが確認できた。

##### 【0032】

図2に示すように、n型ダイヤモンド1の不純物準位23を占める電子は、発光hvを伴うことによって、真空準位25よりも高い伝導帯21に励起され、電子放出が開始する閾値電圧が大幅に低下することが判る。また、この時、陽極で検出される電子放出電流が増加した。

#### 【実施例2】

##### 【0033】

高温高压法で合成したIb型のダイヤモンド単結晶10の(111)面に、マイクロ波プラズマCVD法を用いて、n型のリンドーパダイヤモンド1を合成した。合成条件は、Ib型ダイヤモンドの温度は870℃とし、メタン/水素濃度比が0.05%、ホスフィン/メタン濃度比が10000ppmとした。n型リンドーパダイヤモンドの厚みは、10μm合成した。

##### 【0034】

n型ダイヤモンドの上に、同じマイクロ波プラズマCVD法を用いて、p型のホウ素ドーパダイヤモンドを合成した。合成条件は、Ib型ダイヤモンドの温度は830℃とし、メタン/水素濃度比が6.0%、ジボラン/メタン濃度比が167ppmとした。p型ホウ素ドーパダイヤモンドの厚みは、10μm合成した。なお、p型ホウ素ドーパダイヤモンドには、双晶等の結晶欠陥が多数あった。

## 【0035】

次に、実施例1と同様に、p型ダイヤモンドの上に、ドット状のAl膜を形成し、RIE法によりp型ダイヤモンドをエッチングし、図3に示すように、p型ダイヤモンド2を突起部を有する形状に加工した。その後、再びマイクロ波プラズマCVD装置に入れて、850℃で10分間水素プラズマ処理を施し、p型ダイヤモンドの表面を水素終端した。更に、実施例1と同様にして、Ti/Auによりオーミック電極5と6を形成した。

## 【0036】

次に、実施例1と同様に、真空チャンバー内に、100 $\mu$ m離れた陽極7と共に設置した。実施例1と同様に、電極5と陽極7の間に電圧をかけていくと、1.5kVの電圧から、p型ダイヤモンドの突起部からの電子放出が検出された。次に、電極5と6の間に、10Vの電圧をかけると、pn接合層から発光hvが確認できた。この発光波長は、広い範囲のものであったが、主な波長は、235nmの励起子発光と、430nmを中心に広く分布するバンドAの発光であった。

## 【0037】

次に、pn接合層で発光させたまま、電極5と7の間に電圧をかけていくと、800Vから電子放出が検出された。このように、発光を伴うことによって、電子放出が開始する電圧が低くなることが確認された。

## 【0038】

図4に示すように、p型ダイヤモンド2の不純物準位24および欠陥に起因する準位26を占める電子は、真空準位25よりも高い伝導帯21に励起され、電子放出が開始する閾値電圧が大幅に低下することが判る。また、この時、陽極で検出される電子放出電流が増加した。

## 【実施例3】

## 【0039】

高温高圧法で合成したIb型のダイヤモンド単結晶10の(100)面に、マイクロ波プラズマCVD法を用いて、p型のホウ素ドーパダイヤモンド1を合成した。合成条件は、Ib型ダイヤモンドの温度は830℃とし、メタン/水素濃度比が6.0%、ジボラン/メタン濃度比が167ppmとした。p型ホウ素ドーパダイヤモンドの厚みは、10 $\mu$ m合成した。

## 【0040】

次に、実施例1と同様に、p型ダイヤモンド1の上に、ドット状のAl膜を形成し、RIE法によりp型ダイヤモンドをエッチングし、図5に示すように、p型ダイヤモンドを突起部を有する形状に加工した。更に、実施例1と同様にして、Ti/Auによりオーミック電極5を形成した。更に、突起部の周辺にWを蒸着し、ショットキー電極4を形成した。更に、ホウ素ドーパダイヤモンドの外周部にSiO<sub>2</sub>からなる絶縁体9とMoを蒸着し、制御電極8を形成した。

## 【0041】

次に、実施例1と同様に、真空チャンバー内に、100 $\mu$ m離れた陽極7と共に設置した。実施例1と同様に、電極5と陽極7の間に、ならびに電極5と8との間に電圧をかけていくと、それぞれ1kV、300Vの電圧から、p型ダイヤモンドの突起部からの電子放出が検出された。次に、電極5と4の間に、10Vの電圧をかけると、ショットキー接合層から発光hvが確認できた。この発光波長は、自由励起子発光からバンドA発光までを含む広い範囲のものであった。

## 【0042】

次に、ショットキー接合層で発光させたまま、電極5と7の間に電圧をかけていくと、600Vから電子放出が検出された。このように、発光を伴うことによって、p型ダイヤモンドの不純物準位を占める電子は、真空準位よりも高い伝導帯に励起され、電子放出が開始する閾値電圧が大幅に低下することが判る。また、この時、陽極で検出される電子放出電流が増加した。

## 【0043】

また、電極 5 と 8 の間にかかる電圧を変化させると、電子放出電流は、直線的に比例して変化した。更に、電子放出電流は、電極 5 と 4 の間にかかる電圧を変化させて、発光量を変化させても、発光量に比例して変化した。

#### 【実施例 4】

##### 【0044】

実施例 3 と同様に、I b 型ダイヤモンド単結晶 10 の (100) 面に、p 型のホウ素ドーパダイヤモンド 2 を  $10\mu\text{m}$  の厚さで合成し、図 6 に示すように、p 型ダイヤモンドを突起部を有する形状にした。これを実施例 2 と同様にして、p 型ダイヤモンドの表面を水素終端した後、Ti/Au によりオーミック電極 5 を形成した。

##### 【0045】

ホウ素ドーパダイヤモンドとリンドーパダイヤモンドからなる pn 接合を利用したダイヤモンド LED を別に用意し、真空チャンバー内に、このダイヤモンド LED 60 と陽極 7 とともに設置した。ダイヤモンド LED は、前記 p 型ダイヤモンドの突起部周辺に設置し、陽極は該突起部先端から  $100\mu\text{m}$  離れた位置に設置した。

##### 【0046】

実施例 1 と同様に、電極 5 と陽極 7 の間に電圧をかけていくと、1 kV の電圧から、p 型ダイヤモンドの突起部からの電子放出が検出された。次に、ダイヤモンド LED に 30 V の電圧をかけて発光させた。この発光は、複数の発光が起こっており、主な発光は自由励起子発光で、サブバンドとしてバンド A の発光であった。LED を発光させたまま、電極 5 と陽極 6 の間に電圧をかけていくと、650 V の電圧から電子放出が検出され、電子放出が開始する閾値電圧が低下することが確認された。

##### 【0047】

図 7 に示すように、5.27 eV の自由励起子発光により、p 型ダイヤモンドの不純物準位 24 を占める電子は、真空準位 25 よりも高い伝導帯に励起され、水素終端した表面は負性電子親和力を示すことから、容易に電子が放出される。LED の発光量を変化させると、電子放出電流は、直線的に比例して変化した。

#### 【産業上の利用可能性】

##### 【0048】

本発明のダイヤモンド電子放出素子は、小型で、駆動電圧が低く、電子放出特性が高いため、高周波増幅、マイクロ波発振、発光素子、電子線露光装置などの装置に広く用いられ、動作効率が向上した装置とすることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【0049】

【図 1】本発明のダイヤモンド電子放出素子の断面模式図である。

【図 2】図 1 のダイヤモンド電子放出素子のバンド図である。

【図 3】本発明の他のダイヤモンド電子放出素子の断面模式図である。

【図 4】図 3 のダイヤモンド電子放出素子のバンド図である。

【図 5】本発明の他のダイヤモンド電子放出素子の断面模式図である。

【図 6】本発明の他のダイヤモンド電子放出素子の断面模式図である。

【図 7】図 6 のダイヤモンド電子放出素子のバンド図である。

【図 8】従来のダイヤモンド電子放出素子の断面模式図である。

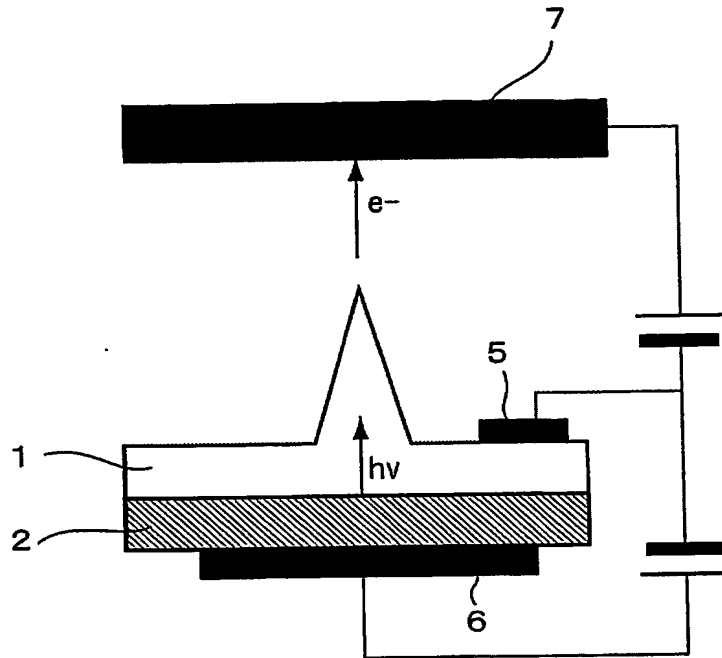
#### 【符号の説明】

##### 【0050】

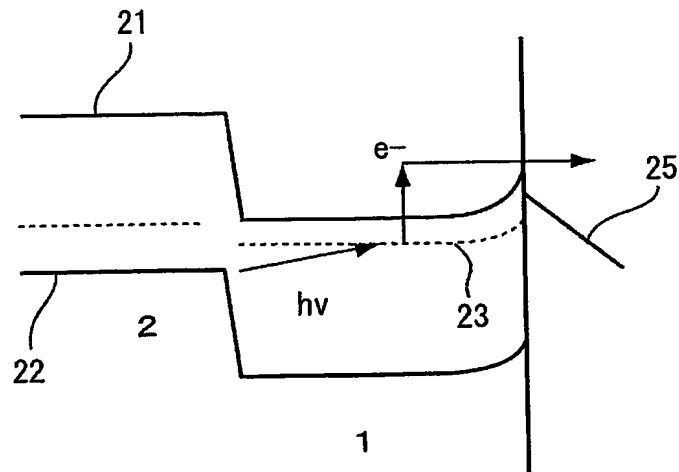
- 1    n 型ダイヤモンド
- 2    p 型ダイヤモンド
- 4    ショットキー電極
- 5    オーミック電極
- 6    オーミック電極
- 7    陽極
- 8    制御電極

9	絶縁体
1 0	ダイヤモンド単結晶
2 1	伝導帯
2 2	価電子帯
2 3	n 型不純物準位
2 4	p 型不純物準位
2 5	真空準位
2 6	欠陥準位
6 0	ダイヤモンド L E D
8 0	電極
8 1	n 型ダイヤモンド
8 2	p 型ダイヤモンド

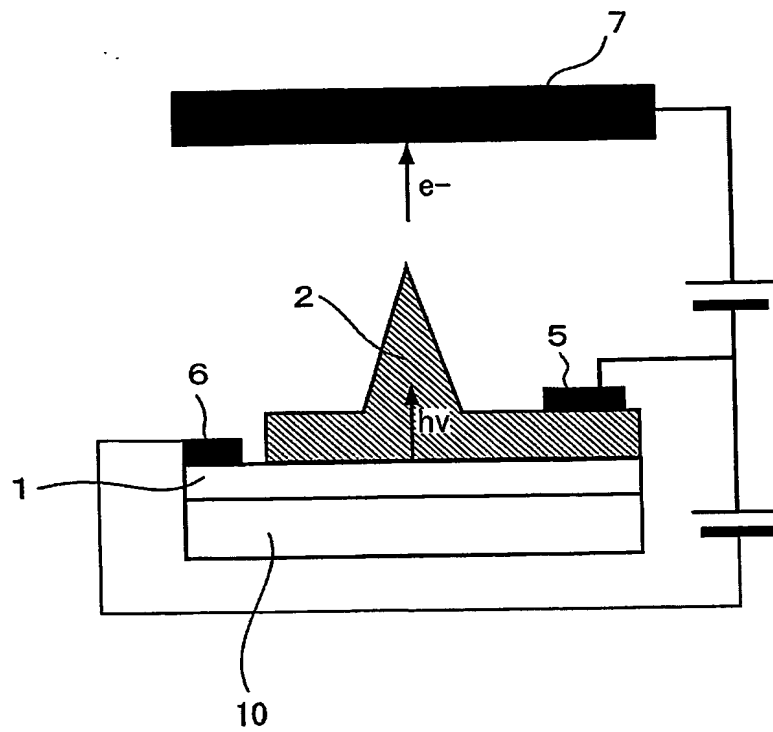
【書類名】 図面  
【図 1】



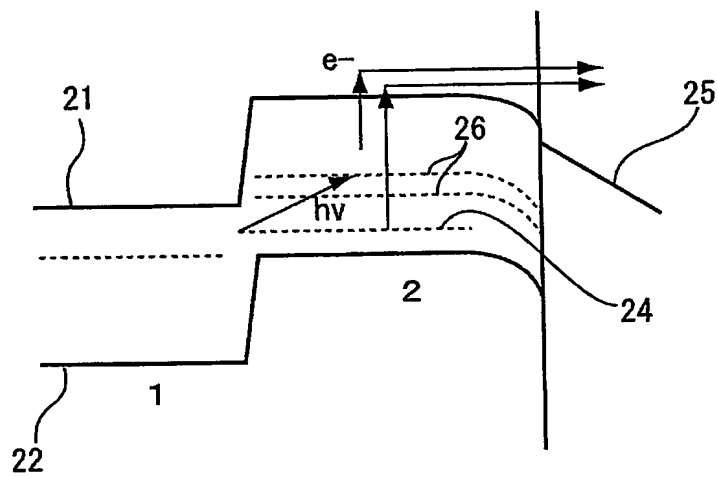
【図 2】



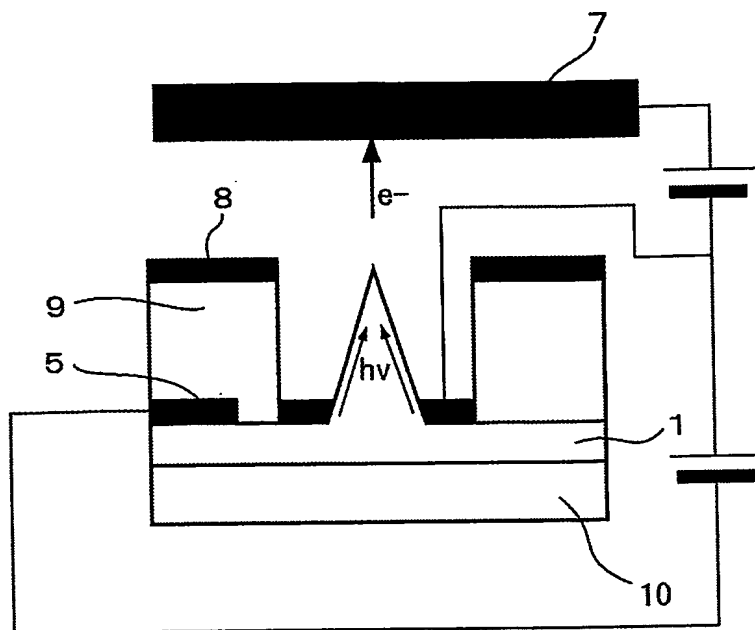
【図 3】



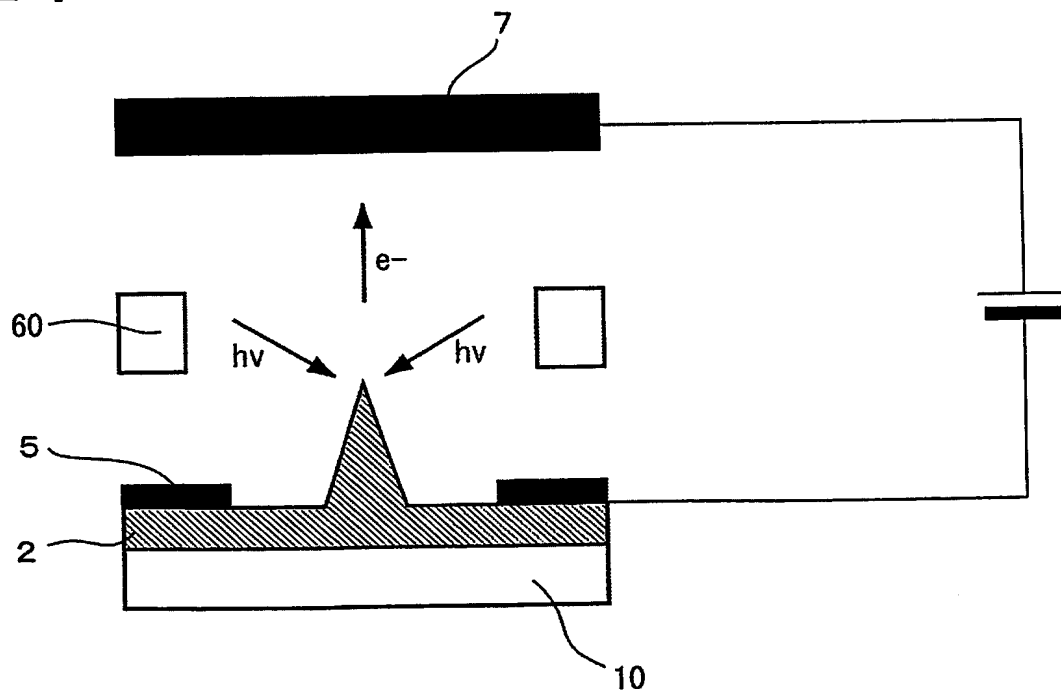
【図 4】



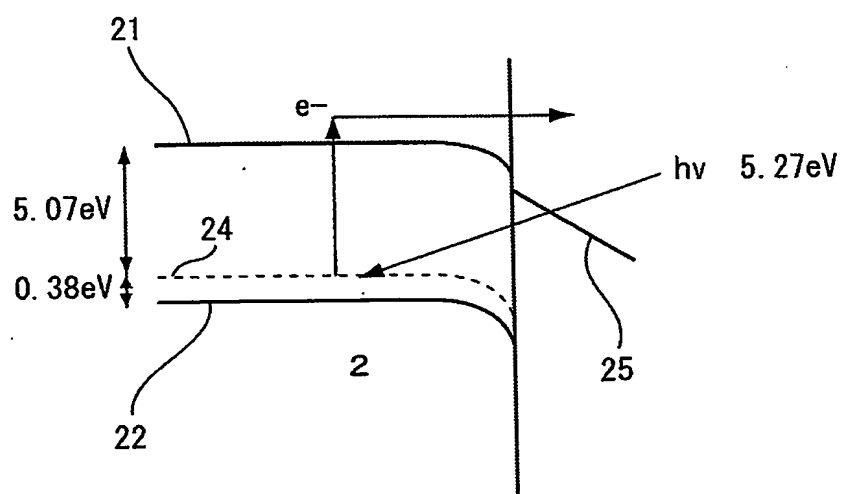
【図 5】



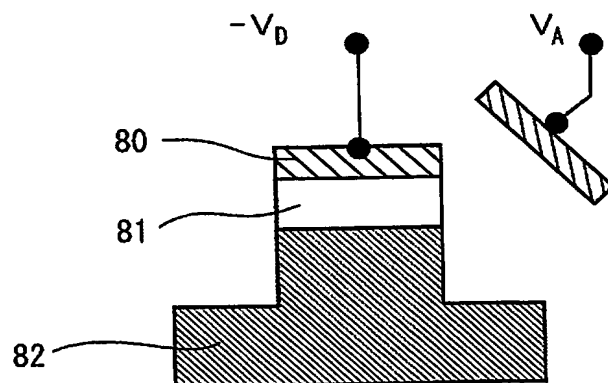
【図 6】



【図 7】



【図 8】





## 【書類名】 要約書

## 【要約】

【課題】 従来に比べて、より小型で動作電圧が低く、高効率な電子放射素子およびこれを用いた電子線源を提供する。

【解決手段】 光を陰極に照射するための発光素子を有し、陰極の少なくとも電子放出面がダイヤモンドからなる構成する。このような構成にすることによって、電子を引き出すための電圧は、従来より大幅に低下させることができ、低電圧駆動が可能な小型の電子放射素子を得ることができる。前記発光素子は、前記陰極と一体に形成されていることが望ましく、また発光素子と電極はダイヤモンドからなることが好ましい。更に、陰極の電子放出面は、n型あるいはp型のダイヤモンド半導体であることが望ましい。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2003-322395
受付番号	50301522723
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成15年 9月17日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成15年 9月16日

特願 2003-322395

出願人履歴情報

識別番号

[000002130]

1. 変更年月日

1990年 8月29日

[変更理由]

新規登録

住所

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

氏名

住友電気工業株式会社